UNIVERSITÉ DE TOULOUSE

FACULTE MIXTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE

Année 1948 N° 116

Prophylaxie de la Silicose

THESE

Pour le DOCTORAT EN MÉDECINE

Présentée et soutenue publiquement en Novembre 1948

PAR

Jean-Pierre AUZEL

MEMBRES DU JURY.... MM. L. MOREL, *Président.*
ANDRIEU
DAMBRIN *Assesseurs.*
LASSERRE
LAPORTE, *Suppléant.*

TOULOUSE
IMPRIMERIE TOULOUSAINE (LION RAOUL)
2, rue Romiguières, 2

1948

PROPHYLAXIE DE LA SILICOSE

UNIVERSITÉ DE TOULOUSE

FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

TABLEAU DU PERSONNEL

	MM.
Doyen	CALVET
Assesseur	LEFEBVRE
Doyens honoraires	BARDIER GORSE

Professeurs honoraires
MM. RISPAL, MERIEL,
RIBAUT, MAURIN, ARGAUD. DALOUS,
LAFFORGUE, SERR-GARIPUY
CLERMONT

PROFESSEURS

	MM.		MM.
Clinique de neurologie et psychiatrie	RISER	Clinique médicale infantile et puériculture	SOREL (R.)
Clinique médicale	TAPIE ROQUES	Pharmacie	CAUJOLLE
Clinique obstétricale	GUILHEM	Pathologie interne	MOREL
Physiologie	SOULA	Bactériologie - Hygiène - Médecine sociale	ANDRIEU
Clinique chirurgicale et du cancer	DUCUING	Clinique chirurgicale infantile et orthopédie	VIRENQUE
Physique biologique et médicale	BUGNARD	Clinique des maladies des voies urinaires	FABRE (P.)
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	NANTA	Matière médicale	VINCENT
Chimie et toxicologie	BRUSTIER	Hydrologie thérapeutique et climatologie	MERIEL (P.)
Pathologie générale et médecine expérimentale	SENDRAIL	Anatomie pathologique	FABRE (J.),
Clinique chirurgicale et gynécologique	LEFEBVRE	Cliniq. oto-rhino-laryngologique et chirurgie maxillo-faciale.	CALVET
Anatomie	VALLOIS LAZORTHES	Clinique ophtalmologique	CALMETTES
Histoire naturelle	DELAS	Chimie biologique	VALDIGUIE.
		Médecine légale et du travail	PLANQUES
		Histologie et embryologie	BROUSSY.
		Médecine Sociale	BOUNHOURE

PROFESSEURS SANS CHAIRE

Physiologie	M. BAISSET,	Obstétrique	GUILHEM
Anatomie	COULOUMA.		

AGRÉGÉS

	MM.		MM.
Anatomie	N	Chirurgie	GRIMOUD, RIEUNAU, DIEULAFE, DAMBRIN (P.),
Histologie	BIMES, ch. des t.	Pharmacie	COUTURIER.
Médecine	GADRAT, DARNAUD, GERAUD, DARDENNE, LAPORTE (J.),	Chimie générale pharmaceutique	BLANC.
		Histoire Naturelle Pharmaceutique	Mme DULUCQ-MATHOU.
Ophtalmologie	DEODATI.	Odonto-Stomatologie	CADENAT
Physique Médicale	MARQUES.		

COURS COMPLÉMENTAIRES

	MM.		MM.
Cours d'obstétrique aux élèves sages-femmes	GUILHEM	Parasitologie	LASSERRE
Cours d'anatomie aux élèves sages-femmes	GUILHEM	Botanique et cryptogamie	Mme DULUC-MATHOU.
Chimie pathologique	VALDIGUIE (P.)	Chimie analytique	BLANC
Chimie biologique	VALDIGUIE (P.)	Hydrologie et géologie	ASTRE
Chimie minérale	BLANC	Médecine Sociale	BOUNHOURE.
Physique pharmaceutique	AUVERGNAT	Anatomie médico-chirurgicale	THOMAS
Dermatologie et syphiligraphie	BAZEX,	Pharmacodynamie	BOUNHOURE.
Législation pharmaceutique	BGUISSET	Bactériologie et Hygiène	LAPORTE.
Clinique de la tuberculose	MOREL (L.) DAMBRIN (P.)	Urologie	LHEZ.
Microbiologie	BOUISSET	Ophtalmologie	DEODATI.
		Neuro-chirurgie	LAZORTHES,
		Oto-Rhino-Laryngologie	CLAUX.

Secrétaire de la Faculté ... ARGILAS.

La Faculté déclare n'être pas responsable des opinions émises par les candidats.
(Délibération du 12 mai 1891.)

UNIVERSITÉ DE TOULOUSE

FACULTE MIXTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE

Année 1948 N° 116

Prophylaxie de la Silicose

THÈSE

Pour le DOCTORAT EN MÉDECINE

Présentée et soutenue publiquement en Novembre 1948

PAR

Jean-Pierre AUZEL

MEMBRES DU JURY.... MM. L. MOREL, *Président.*
ANDRIEU, DAMBRIN, LASSERRE, *Assesseurs.*
LAPORTE, *Suppléant.*

TOULOUSE
IMPRIMERIE TOULOUSAINE (LION RAOUL)
12, rue Romiguières, 2

1948

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

A MES PARENTS

en témoignage de ma gratitude et de ma profonde affection.

A MON GRAND-PERE, JEAN VIRMONT

A MON ONCLE, LE DOCTEUR VIRMONT

qui m'a fourni de précieux éléments pour la réalisation de cette thèse.

A MON FRERE, ETUDIANT EN MEDECINE

A MON MAITRE ET PRESIDENT DE THESE

Monsieur le Professeur MOREL

Professeur de Pathologie interne
Chargé de l'Enseignement clinique de la Tuberculose

en faible témoignage des enseignements qu'il nous donna avec tant de patience.

AUX MEMBRES DU JURY

A Monsieur le Professeur ANDRIEU

Professeur de Bactériologie et d'Hygiène

A Monsieur le Professeur DAMBRIN

Professeur agrégé de la Faculté

A Monsieur le Docteur LASSERRE

Chargé de Cours à la Faculté

A Monsieur le Professeur LAPORTE

Professeur agrégé de la Faculté

AU DOCTEUR BALGUERIES

qui a bien voulu me communiquer les résultats de ses recherches sur la Silicose.

A TOUS MES AMIS

ET CAMARADES DE FACULTE

Introduction et Généralités

La silicose est une affection due à l'action sur le poumon de poussières de silice absorbées par inhalation. Limitée pendant longtemps aux carriers et aux tailleurs de grès, cette affection atteint actuellement des milliers de sujets dans les mines, dans les industries métallurgiques et mécaniques, dans les industries de produits réfractaires, des abrasifs, dans les faïenceries, dans les verreries, etc... et les opérations au moyen des outils actuels sont de plus en plus poussiéreuses.

Depuis le 3 août 1945, une ordonnance relative aux réparations dues aux victimes de la silicose range cette affection parmi les maladies professionnelles indemnisables. La nocivité de la silice libre a été abondemment prouvée par l'observation des ouvriers travaillant le quartz et par l'expérimentation sur les animaux.

L'immense majorité des auteurs admet qu'aucun facteur infectieux adjuvant n'est indispensable à la génèse de la fibrose nodulaire. L'apparition de la maladie est conditionnée par la concentration des particules de silice dans l'air inspiré,

par la durée d'exposition, par le calibre des poussières et par l'intensité de la ventilation pulmonaire.

L'âge des particules est considéré par beaucoup de chercheurs comme un point extrêmement important :

Les poussières fraîchement formées seraient éminemment nocives, contrairement aux poussières vieilles, dites mortes, qui seraient sans action.

Néanmoins, un assez grand nombre d'expérimentateurs reste sceptique quant à l'inocuité des poussières siliceuses anciennes. Nous savons que le calibre des poussières nocives oscille, pour la limite supérieure entre 5 et 2 microns, suivant les experts et les pays. La limite inférieure reste imprécise. Il en est de même de l'importance de leur nocivité. Ces particules ultra-microscopiques forment des aérosols; la plupart quittent peut-être l'arbre respiratoire sans y adhérer.

Des analyses nombreuses semblent montrer que leur quantité minime dans l'atmosphère ne leur permet pas de jouer un rôle important. Ces arguments de probabilité sont fragiles et l'étude des particules ultra-microscopiques nécessite de nouvelles recherches.

La nocivité des poussières de charbon constitue un point important et controversé. Depuis la parution des rapports concernant les mines du pays de Galles, l'action délétère de l'anthracite paraît certaine.

Il paraît bien que son action nocive soit due à la quantité de silice qu'il contient.

Des publications américaines et russes sont

concordantes. L'action des charbons ordinaires est interprétée de façon différente :

Pour les uns, ils seraient nocifs; pour d'autres, ils seraient utiles en inhibant l'action de la silice.

« L'anthracose n'est qu'un signe d'identité professionnelle. Ce n'est pas une maladie », dit Feil.

En fait, conclut le Docteur V. Van Mecheim : « Mélangé à la silice, le charbon peut avoir une action inhibitrice si la proportion de silice est légère. »

Au contraire, si les deux substances sont abondantes ou si une atteinte silicosique a précédé, la pneumoconiose qui en résultera sera grave.

MODE D'ACTION DES POUSSIERES

Pendant longtemps, on admettait l'action traumatisante des poussières. Depuis que l'on sait que seules les particules de moins de 5 microns ont accès aux alvéoles pulmonaires et s'y déposent à plat sur une couche de liquide, depuis que des expériences nombreuses ont démontré l'inocuité de particules plus dures et plus tranchantes, telles les poussières, d'émeri, de diamants, de carborundum, tout le monde paraît d'accord pour abandonner ce point de vue.

On conçoit facilement qu'une action mécanique des amas de poussières insolubles obstruent des bronchioles et des alvéoles et provoquent ainsi des zones atélectasiées et d'emphysème vicariant.

C'est surtout l'action physico-chimique de la silice qui retient l'attention des chercheurs : lorsque la silice qui est partiellement soluble entre en solution, chaque particule entourée de molécules d'eau est chargée électriquement.

Les ions ainsi formés diffusent dans l'organisme et surtout dans le poumon, le degré de diffusion dépendant du p H du sérum sanguin.

Le p H différent des divers ouvriers détermi-

nerait leur degré de réceptivité à la silicose. On pourrait donc influencer l'évolution de la maladie en modifiant le p H sanguin.

La silice dissoute altère rapidement le protoplasme des cellules à poussières par coagulation des protéines. Ainsi s'opèrerait leur destruction ou leur momification.

Les travaux de Gardner et de Nieuvenkuyzen semblent établir que la fibrose pulmonaire est déterminée par l'influence sur le tissu conjonctif pulmonaire, des produits chimiques résultant de l'action de la silice dissoute sur le protoplasma des cellules à poussières.

Tous les expérimentateurs n'acceptent pas cette explication, mais tous sont d'accord sur l'importance de la solubilité de la silice, c'est elle qui conditionne en grande partie sa nocivité.

Cette mise en solution est favorisée par :

La température élevée du milieu, le temps de contact entre la phase solide et la phase liquide, la dimension des particules, leur concentration, l'alcalinité du milieu, la présence de matières organiques, d'O, de CO^2.

Un troisième mode d'action possible des poussières nocives est l'échange d'ions entre les particules minérales et le milieu ambiant. Policard y a consacré de nombreuses recherches.

Certaines substances et notamment certains silicates (micas, kaolin, felspath) possèdent, à côté d'un réseau cristallin fixe un certain nombre d'ions basiques mobiles capables de diffuser en s'échangeant contre d'autres ions de l'extérieur.

En milieu humide, les cations mobiles situés à la surface des particules pourront être remplacés par des ions OH. Cette hydratation sera accompagnée de la fourniture d'alcalis au milieu ambiant « lessivage des bases ». La dissolution de la silice est fortement favorisée par cette réaction alcaline.

Cet exposé n'est que le point de vue minéralogique du mode d'action des poussières, mais nous ne savons à peu près rien de précis biologiquement, de l'action des molécules de silice dissoutes sur les tissus.

Pour certains auteurs (Policard), la fibrose pulmonaire est déterminée par l'atélectasie provoquée par des amas de cellules à poussières ou par une alvéolite avec infection surajoutée, mais non par l'action directe des poussières.

Celles-ci ne joueraient qu'un rôle indirect en obstruant les canaux alvéolaires et les vaisseaux lymphatiques.

Pour d'autres auteurs, la silice ou les produits qui en dérivent auraient une action destructrice sur les fibres élastiques du poumon et provoqueraient des lésions vasculaires : péri et endartérite qui seraient à la base des modifications pathologiques des silicoses.

Y a-t-il des substances neutralisant l'action de la silice et quelles sont-elles?

On peut les classer en trois groupes :

Premier groupe. — Les produits qui déterminent la formation d'agglomérats des substances

nocives qui deviennent trop volumineuses pour avoir accès aux alvéoles pulmonaires.

Beaucoup de carbonates et d'oxydes peuvent ainsi neutraliser l'action de la silice parce que leurs charges électriques sont opposées, d'où floculation avec formation de particules grosses donc peu dangereuses. On cite : le carbone, l'oxyde de fer, la calcite, le gypse.

Deuxième groupe. — Les substances qui excitent l'élimination des produits nocifs. L'excrétion de la silice est peu connue et ce domaine reste à explorer.

Troisième groupe. — Substances diminuant la solubilité de la silice. Nous savons que la magnésie, le fer réduit, l'argile, le gypse, la chaux réduisent la mise en solution de la silice.

L'aluminium mériterait la place la plus importante du groupe, si l'on considèère le nombre de publications qui y furent consacrées.

Cependant, les auteurs allemands (Jölten) restent convaincus de la nocivité de l'aluminium qui, d'après eux, provoque une pneumoconiose.

Les auteurs américains sont fort partagés et beaucoup sont sceptiques sur l'aluminioprophylaxie.

D'après le Docteur Orenstein, médecin en chef des mines d'or du Rand, il reste beaucoup à faire pour démontrer l'utilité de la lutte contre la silicose par l'aluminium.

DEFENSE DE L'ORGANISME

L'importance du rôle joué par le nez dans l'arrêt des poussières paraît avoir été surestimé.

D'ailleurs, à l'occasion d'un effort sérieux, on respire presque toujours par la bouche et l'importance de la filtration nasale perd de son intérêt.

Néanmoins, en l'absence de grands efforts, le rôle protecteur du nez est important.

Le pharynx, le larynx, les bronches retiennent certainement une partie des poussières, mais il est difficile d'en dire la quantité.

L'accord est loin d'être fait sur l'origine et l'action des cellules à poussières. De toute façon, beaucoup de particules étrangères ne parviennent pas à quitter l'arbre respiratoire par la voie bronchique et pénètrent dans les vaisseaux lymphatiques et se localisent dans l'espace interstitiel entre les alvéoles et le septum interlobulaire, sous la plèvre viscérale et dans les vaisseaux et ganglions lymphatiques.

C'est aux endroits habités par ces poussières que naissent les nodules hyalins typiques. Ceux-ci s'accompagnent rapidement d'un emphysème plus ou moins important dont l'étiologie est obscure.

Disons en passant qu'un fait semble émerger des nombreux travaux en cours, c'est que la tuberculose est activée par l'intervention de la silice.

Certains sujets présentent une tendance marquée à la fibrose précoce :

Ce sont surtout les infectés aigus ou chroniques de l'arbre respiratoire.

Plusieurs travaux ont été publiés sur l'importance de l'acidose pour favoriser la fibrose.

Traitement

Y a-t-il actuellement un traitement de la silicose?

Les Américains ont préconisé la prévention et ensuite le traitement de cette affection par la poudre d'aluminium métallique.

Examinons la valeur de cette méthode.

C'est en 1937, au Canada, que Denny, Robson, Irwin publient leur premier article sur la prévention de la silicose par l'aluminium métallique.

Dans un deuxième article en 1939, ils montrent qu'en additionnant « in vitro » l'aluminium à une suspension de quartz, l'effet toxique de la silice est annihilé, les particules de quartz étant enrobées d'une pellicule insoluble et imperméable d'hydrate d'alumine gélatineux.

En 1944, Gardner et ses collaborateurs aux Etats-Unis concluent que la poudre d'aluminium constitue non seulement une prévention, mais même un traitement de la maladie, tout au moins chez l'animal.

La fondation « Mc Intyre Research ltd » fait breveter le procédé et le fait appliquer au Canada d'où il est diffusé aux Etats-Unis.

En 1946, Jacob décrit les modalités d'application de ce traitement :

« La poudre d'aluminium métallique est pro-

jetée dans la salle où les sujets s'habillent avant de descendre au fond de la mine, le local étant aussi étanche que possible. Les ouvriers entrent lorsque la pulvérisation est terminée pour éviter les projections dans les yeux. La quantité de poudre employée est de 1 gramme pour 30 m^3 pour une exposition de dix minutes. »

Cependant, déjà en 1941, Jaeger, en Allemagne, note des altérations pulmonaires par la poudre d'aluminium.

En 1946, le Gouvernement australien envoie une mission aux Etats-Unis et au Canada qui conclut :

a) Il n'est pas encore prouvé que les méthodes concernant l'administration de poudre d'aluminium par inhalation apportent aux sujets la protection qu'on a observée chez les animaux de laboratoire;

b) Chez les malades présentant une silicose indiscutable, il n'y a jusqu'ici aucune preuve que le traitement par l'aluminium ait modifié en aucune façon l'évolution de la maladie;

c) En présence d'infection tuberculeuse, le traitement de la silicose par la poudre d'aluminium est nettement contre-indiqué;

d) Le contrôle constant du traitement par la poudre d'aluminium et la prise d'observations cliniques précises avec radiographies pulmonaires périodiques est nécessaire. Il serait intéressant, d'autre part, d'appliquer le traitement à des sujets témoins.

En avril 1947, au Congrès anglais de la silicose, les opinions sont également réticentes. Le

Docteur Blaisdell rapporte les observations des sujets traités au Canada par la méthode « Mc Intyre ».

Il indique qu'une amélioration subjective est obtenue, sans amélioration correspondante des images radiologiques ou des bilans physiologiques.

Le Docteur Sutherland, médecin chef du Bureau de la silicose, déclare que l'aluminium agit peut-être par action tonique générale ou par action sur le spasme bronchique.

Pour lui, l'amélioration apparente due au traitement par l'aluminium peut être attribuée en partie aux exercices respiratoires et en partie à l'effet psychologique.

En mai 1947, Shever et Redell rapportent plusieurs cas de lésions pulmonaires et de pneumothorax chez des ouvriers inhalant des poussières d'alumine et de silice. Il s'agit de fibrose interstitielle et les cas rappellent ceux décrits par les Allemands au sujet des pneumoconioses par l'aluminium.

En juilet 1947, Riddelle de Toronto écrit que l'opinion courante concernant l'inocuité de l'aluminium inhalé est à revoir.

Enfin, à la même époque, King de Londres écrit que le mélange de 1 % d'oxyde d'aluminium avec la silice diminue la solubilité mais n'empêche pas la formation de fibrose.

De toutes ces opinions, il résulte que le traitement de la silicose par la poudre d'aluminium n'a pas fait ses preuves et qu'il n'y a pas lieu, dans les circonstances actuelles, de l'appliquer.

Le dernier mot reste donc à la prévention.

Prévention

Le processus silicotique dépend :

1° de la concentration de la poussière dans l'atmosphère;
2° de la proportion de Sio^2 contenue dans la poussière;
3° de la grosseur des particules;
4° de la durée d'exposition.

Il est nécessaire de connaître ces facteurs pour entreprendre la lutte contre la silicose.

APPAREILS DE CAPTAGE DES POUSSIERES

LE KONIMETRE

Principe. — Un jet d'air est brusquement dévié par un obstacle; par inertie, les poussières qu'il entraîne sont projetées sur l'obstacle et y adhèrent pour peu que la surface de celui-ci soit grasse.

Réalisation. — 5 cm^3 sont aspirés dans un corps de pompe. Les poussières se déposent sur une plaque circulaire de verre recouverte d'une substance adhésive.

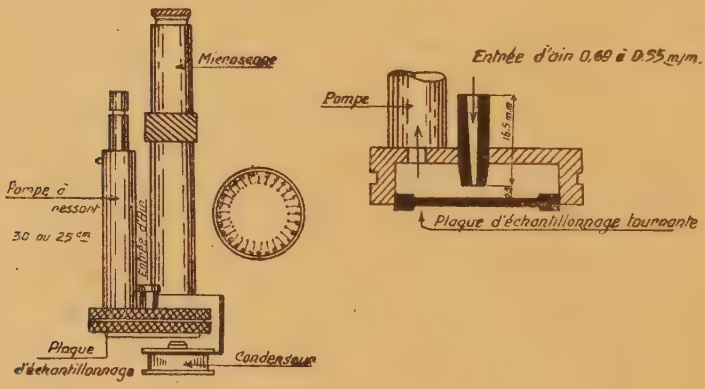
Inconvénients. — Cet appareil ne capte les poussières que pour autant :

1° que leur inertie soit assez forte;

2° que la surface adhésive soit opérante.

Le rendement de cet appareil est assez variable et de l'ordre de 20 à 45 %, rendement d'autant plus faible que les poussières sont plus fines.

Schéma



— Konimètre de Zeiss —

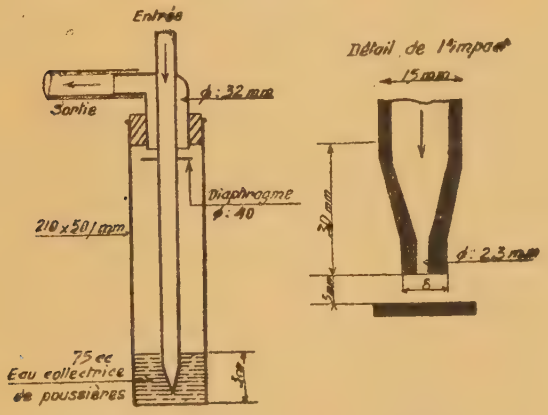
D'autre part, la quantité d'air capté (5 cm^3 au maximum) est faible. Les milieux poussiéreux n'ont pas une suffisante homogénéité pour tirer des conclusions valables d'une mesure. Seul un ensemble de mesures pourrait prendre un sens.

Avantages. — Appareil portatif facile à manœuvrer. Certains même possèdent un petit microscope permettant une observation directe de la plaque empoussiérée. De plus, on peut faire une trentaine d'observations sans recharger l'appareil.

IMPINGER

Principe. — Un peu différend de celui du konimètre. Un jet d'air rapide vient buter contre une plaque immergée dans un liquide. Le schéma suivant donne les dimensions de l'appareil. Les poussières sont collectées dans le liquide même où on les dénombre. Un éjecteur à air assure la circulation dans l'appareil.

Schéma



— Impinger —

Inconvénients. — L'appareil est en verre. Son rendement est variable avec les dimensions des particules, les plus fines étant les moins bien retenues. D'autre part, l'aspiration nécessite quelquefois un assez gros appareillage, voire même une véritable installation de pompage.

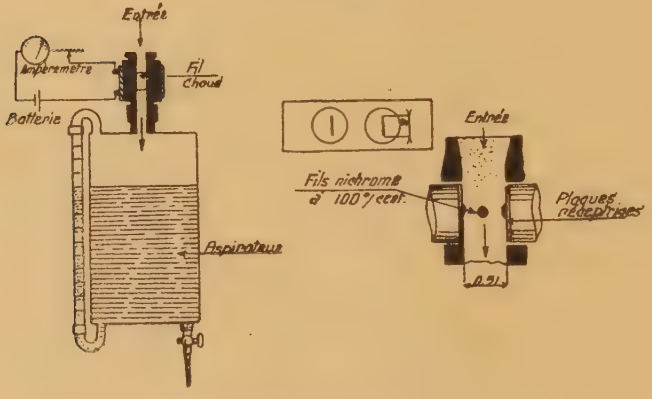
Avantages. — Un échantillonnage dure une vingtaine de minutes. Cet appareil, s'il n'est peut-être pas parfait est fidèle et les Américains peuvent, en utilisant un type standard, faire des comparaisons entre divers empoussiérages.

PRECIPITATEUR THERMIQUE

Principe. — Un filet d'air passant au voisinage d'une source chaude se sépare de ses poussières. En réalité, l'explication physique du phénomène n'est pas connue.

Réalisation. — Entre deux plaques de verre maintenues à une température voisine de la tem-

Schéma



Précipitateur Thermique

pérature ambiante passe un courant d'air. Un fil chauffé au rouge électriquement est tendu parallèlement aux plaques et perpendiculairement à la vitesse de l'air. La poussière se dépose sur les plaques qui sont ensuite observées au microscope.

Inconvénients. — La vitesse d'aspiration du courant d'air doit être faible pour ne pas trop refroidir le fil et conserver à l'appareil un bon rendement, d'où un faible débit (inconvénient du konimètre) mais débit continu. D'autre part,

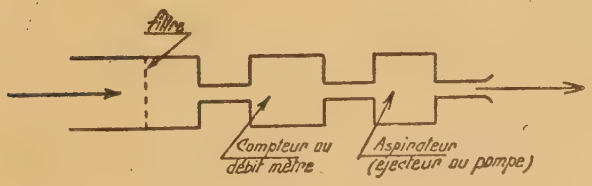
la faible vitesse du courant d'air pénétrant dans l'appareil trouble la régularité des filets d'air de la zone de captage (on doit, en effet, autant que possible, s'astreindre à capter sans perturber ces filets). Enfin, sur les plaques, les poussières de toutes tailles sont mêlées, ce qui complique le comptage.

Avantage. — Cet appareil semble avoir un rendement excellent.

APPAREIL A FILTRE

Principe. — Faire passer l'air capté sur un filtre de papier ou de trichlorinaphtalène dont le rendement est excellent.

Schéma de principe du capteur à filtre



Réalisation. — L'appareil comporte le filtre, le compteur ou le débitmètre et l'éjecteur.

Inconvénient. — Comme l'Impinger, nécessite une source d'énergie pour l'aspiration.

Avantages :

1° La vitesse d'aspiration peut être réglée à une valeur voulue;

2° Rendement du filtre excellent;
3° Echantillonnage abondant permettant une analyse gravimétrique des poussières captées et une analyse chimique.

ASPIRATEURS

L'emploi de l'Inpinger ou du filtre soluble exige l'usage d'un aspirateur et celui-ci d'un appareil de mesure des débits.

Ils sont de deux sortes : éjecteur ou pompe rotative.

a) **Ejecteur.** — L'appareil utilisé au Bouchet se compose d'un éjecteur du type classique relié à un débitmètre, lui-même relié à un indicateur de niveau. L'inconvénient de cet appareil réalisé en pyrex est sa fragilité. Un second inconvénient provenait du changement au fond de la mine du débitmètre suivant le débit désiré qui varie de 28 litres 500 minute pour l'Impinger à 300 litres-minute pour le Filtre soluble. Sur les indications de M. Sauzeat, les laboratoires du Bouchet vont réaliser un prototype où le débitmètre en pyrex sera remplacé par un métallique où l'opuscule contenu dans un boisseau pourra être changé sur place sans démontage de l'appareil. Seul restera en verre l'indicateur de niveau dont nous n'avons pas envisagé le remplacement par un indicateur électrique pour des questions de poids car celui-ci aurait nécessité l'emploi d'un accumulateur.

b) **Pompe rotative.** — On utilise pour cela un surpresseur Roots, appareil ayant l'avantage

d'être volumétrique, celui-ci est relié à un compteur de tours. Le modèle existe au Bouchet et donne satisfaction. Nous avons simplement remplacé le moteur électrique par un moteur à air comprimé.

EXAMENS DES PRELEVEMENTS

Examens au microscope.

a) **Konimètre.** — On fait le dénombrement des particules selon deux méthodes : à éclairage direct ou à éclairage sur fond noir.

On utilise généralement un grossissement de 200. Le dénombrement est fait en insérant dans l'occulaire un micromètre à secteur consistant en deux lignes se coupant à un angle de 9° ou 18°. On utilise aussi, suivant la forme de l'amas, un micromètre réglé en carré.

Dans le cas du secteur, on met au point la tache de poussières et on règle sa position de manière que son centre corresponde à l'intersection des deux lignes précitées. On dénombre les particules placées entre les deux lignes de chaque côté du centre. D'ordinaire, on prend la moyenne de deux séries de chiffres établies avec les secteurs placés en deux positions à angle droit. De ce chiffre, on déduit le nombre de poussières de la tache entière et on divise par le nombre de centimètres cube aspiré pour avoir le taux par centimètre cube.

Quand on utilise un micromètre quadrillé, on fait le dénombrement de toutes les particules de la tache en comptant chaque carré et on ramène également au centimètre cube aspiré.

Pour le fond noir, on opère de la même façon, mais les chiffres trouvés sont plus forts et dans le rapport de 1,5 à 1.

b) **Impinger ou filtre soluble.** — Dans l'Impinger, la poussière de l'air se rtouve en suspension dans l'eau, on filtre pour éliminer les particules de plus de 45 Mu.

Pour le filtre soluble, on dissout le filtre et son contenu dans le benzène, on centrifuge, on lave pour éliminer le tétrachloronaphtalène et on remet la poussière en suspension dans un volume connu d'eau distillée.

Ensuite, on fait le dénombrement des particules dans une partie du liquide collecteur. Une goutte de suspension est introduite dans une cuve spéciale de 1/10 de mm. de profondeur. On recouvre cette goutte d'un couvre objet et on obtient ainsi une tranche de suspension de 1/10 de mm. d'épaisseur. On examine au microscope en fond noir et avec un oculaire quadrillé. Les particules sont comptées par carré, c'est-à-dire dans un parallélépipède ayant pour base la surface d'un carré de l'oculaire et pour hauteur 1/10 de mm. après avoir laissé reposer les poussières pendant vingt minutes. Le nombre trouvé est ramené au volume de la suspension et ensuite au litre d'air aspiré. La grosseur des particules peut être également évaluée. D'autre part, la suspension est séparée à la centrifugeuse, séchée et pesée. On obtient ainsi le poids de poussières prélevées. Le microdosage de silice sur le dépôt permet d'indiquer par ailleurs l'action possible au point de vue silicose de la poussière.

c) **Précipitateur thermique.** — On opère comme pour le konimètre, mais il est recommandé d'opérer avec un grossissement de 1.200 à 1.500, ce qui exige une lumière monochromatique pour éviter le phénomène de diffraction. L'oculaire de l'appareil est muni d'un micromètre spécial (oblong graticule) divisé en rectangle qui permet de dénombrer les particules de la tache plus facilement.

d) **Autres procédés.** — Toutes ces mesures au microscope sont très longues et assez fatigantes pour l'opérateur, aussi envisageons-nous de remplacer son emploi d'une façon continue par l'emploi du photocolorimètre absolu à cellule photoélectrique.

Les mesures de concentration de particules se feront après étalonnage par la mesure de l'absorption de la lumière, et par la mesure de la diffusion de la lumière (effet Tyndall), il est très vraisemblable que pour arriver à un résultat précis, cette mesure devra être précédée d'un classement granulométrique.

Examen granulométrique.

Nous avons vu que dans le cas de l'Impinger et du filtre soluble, il était facile de déterminer le poids et la quantité de poussières prélevées, mais l'examen des grosseurs des particules est en réalité très sommaire. On est donc amené à faire un examen granulométrique. Diverses méthodes sont employées.

Elles consistent toutes à employer comme

moyen de classement les temps de chute des particules dans un liquide, déterminés par la loi de Stokes. (Temps de chute qui correspondent à la vitesse limite que la particule prend dans le liquide.

a) Tout d'abord la méthode de la pipette d'Andréason qui consiste à laisser déposer un mélange de particules et d'eau et à effectuer des prélèvements à la pipette dans la couche profonde après un certain temps de sédimentation, méthode peu précise tenant au mélange homogène initial qui ne donne pas de séparation bien nette. Elle est remplacée par la méthode des béchers.

b) Celle-ci a ceci de particulier que bien que partant d'un mélange homogène, le dépôt des particules est réalisé en plusieurs fois avec la fraction correspondante de liquide. On élimine ainsi les particules plus fines qui se seraient déposées, étant dans la suspension, en dessous du niveau du liquide. Le dépôt se fait dans cinq béchers successifs et on obtient le classement des particules ainsi réparties :

$$> 30\ \mu \quad > 10\ \mu \quad > 3\ \mu \quad > 1\ \mu \quad > \tfrac{1}{2}\ \mu$$

classement que l'on peut modifier en changeant les temps de dépôts. Cette méthode donne des résultats comparables et constants.

c) Les laboratoires du Bouchet ont à l'étude une burette de sédimentation où au lieu d'opérer avec des particules et liquide mélangés, les particules seraient lâchées au sommet du liquide, méthode qui satisfait complètement l'esprit et n'exige pas de corrections.

Malheureusement, la difficulté provient dans le fait d'arriver à déposer les particules sans créer de remours dans le liquide de sédimentation.

L'emploi de toutes ces méthodes exige l'emploi d'un peptitsant, généralement un mélange de sucre et de gomme arabique, pour éviter les agglomérats qui fausseraient la vitesse de chute et rendraient le classement illusoire.

Une fois la sédimentation terminée, le dépôt est séché, lavé de son peptisant et pesé.

On peut dès lors établir à l'aide des différents poids trouvés, la courbe de granulométrie dite cumulative qui donne pour chaque valeur du diamètre le poids des particules du diamèètre supérieur.

Notre laboratoire sera également muni d'une balance granulométrique, type Martin, qui enregistrera les poids des dépôts en fonction du temps, donc de la grosseur des particules.

Examen chimique.

Les minéraux sont broyés au mortier d'Abiche et le produit passé au tamis de 50, puis repris et pulvérisé plus finement au mortier d'agate pour être passé au tamis de 300.

Les poussières sont décantées à la centrifugeuse, séchées et pesées.

On effectue alors sur ces matières pulvérulentes les analyses chimiques.

a) **Silice totale** : On emploie la méthode classique de fusion alcaline.

b) **Silice libre :** Ce dosage s'effectue suivant la méthode préconisée par M. J. Trostel et D. J. Winne, par l'attaque par le bisulfate de potassium.

Dans ces deux analyses, on effectue ensuite la vérification de la pureté de la silice par la méthode classique d'évaporation de la silice à l'état d'acide fluosilicique par traitement à l'acide fluorhydrique.

c) **Microdosage colorimétrique de la silice :** Cette méthode permet l'évaluation de quantités très faibles de silice et peut être utilisée avec les prélèvements sur lesquels les dosages normaux de silice totale ne présentent plus aucune précision.

Elle a été mise au point en s'inspirant des travaux effectués par C. Urbach et Von Tschopp sur le dosage de P2 O5 dans l'eau.

Son principe est basé sur la production de bleu de molybdène par réduction des silico-molybdates en présence d'un excès de molybdates. L'emploi d'un réducteur approprié permet la réduction des silico-molybdates seuls.

La production de bleu de molybdène est fonction de la quantité de silice en présence.

La détermination de l'intensité de coloration permet alors d'apprécier, par comparaison au photomètre, avec des solutions types de silice, la silice contenue dans l'échantillon à doser.

Dosage de l'oxyde de fer et de l'alumine.

L'analyse est basée sur la dissolution du fer et de l'alumine par l'acide chlorhydrique. Le filtre est traité par un excès d'amoniaque. Le précipité

est filtré, lavé et séché, étuvé, calciné et pesé. On en déduit le poids d'oxyde ferrique et d'alumine. Ensuite ce précipité est résolubilisé et traité par un excès de soude, le fer précipité est séparé de l'alumine, on le remet en solution par l'acide chlorhydrique et précipité par un excès d'ammoniaque. On détermine le poids d'oxyde ferrique. On obtient l'alumine par différence.

Autres métaux.

(Ca-Mn-Mg-Mn). — Aucune méthode particulière n'a été encore adoptée.

Examens pétrographiques.

Les méthodes de travail sont assez bien connues pour n'avoir pas à les décrire à nouveau.

Nous disposons de moyens suffisants pour connaître la concentration des poussières dans une atmosphère, leurs dimensions, leur teneur en silice. Il est donc possible d'établir l'indice de toxicité de l'air des ateliers ou des chantiers et de procéder à des études comparatives.

La limite de tolérance est de 1 mmgr. par mètre cube soit, en admettant que 1 mmgr. de quartz broyé donne 300 millions de particules, 300 à 350 particules par centimètre cube.

La prévention doit viser l'homme (prévention médicale), l'ambiance et les machines (prévention technique).

PREVENTION MEDICALE

A l'embauchage, l'interrogatoire doit porter sur les antécédents héréditaires et personnels en insistant sur les affections de l'arbre respiratoire depuis les rhinites, laryngites, jusqu'aux lésions pleuro-pulmonaires. Il portera également sur le genre de vie du sujet, sa pratique de l'hygiène, son alimentation, son activité sportive ou d'éducation physique, le trajet qu'il doit effectuer de son domicile au lieu de travail.

Certains auteurs préconisent de n'employer au contact de la silice que des sujets âgés de plus de trente ans.

L'examen clinique doit porter sur l'état général, la musculature, les appareils respiratoires et circulatoires. Le laboratoire doit effectuer plusieurs recherches : examen des crachats, étude de la sédimentation globulaire, numération globulaire, spirométrie, capacité vitale, débit respiratoire à l'effort.

Doivent être aiguillés sur d'autres professions, les sujets déficients au point de vue état général ou point de vue musculaire, les suspects au point de vue lésions des appareils respiratoire et circulatoire, ceux dont l'expectoration présente une flore microbienne pathogène, ceux qui ont une sédimentation globulaire accélérée, les anémiés, ceux dont la capacité vitale est insuffisante. Doivent être considérés comme déficients pulmonaires ceux dont le quotient air résiduel/capacité totale est supérieur à 0,40.

Les syphilitiques et les alcooliques qui ont ten-

dance à la sclérose du fait de leur affection ou de leur intoxication sont à éliminer.

L'examen radiographique rend compte de l'état pleuropulmonaire, du jeu diaphragmatique, de l'ampliation thoracique, de l'état des sinus, du volume du cœur, etc...

Examens périodiques.

Les mêmes examens sont à pratiquer périodiquement.

Doit-on éliminer systématiquement les sujets dont les images radiographiques pulmonaires révèlent la réticulite ou la micronodulation en « têtes d'épingles. » et les remplacer par des sujets neufs alors que la silicose continuera son évolution chez ceux qui ne sont plus en contact avec les poussières? En d'autres termes, faut-il augmenter la gravité ou la fréquence de l'affection?

En effet, l'affection même après l'arrêt des occupations continue son évolution.

Il y a lieu d'envisager le changement d'emploi dès l'apparition de la micronodulation. Le travail par roulement est indiqué lorsque l'effectif en main-d'œuvre le permet.

Chez les sujets exposés, on peut prévoir un traitement préventif par aérosols antiseptiques pour éviter les infections pulmonaires et, d'autre part, des séances d'exercices respiratoires.

PREVENTION TECHNIQUE

Les moyens de prévention diffèrent dans chaque industrie, dans chaque atelier ou dans chaque chantier et il n'est possible que d'énumérer les principes qui doivent constituer le plan directeur dans la lutte contre la silicose :

1° Eviter la production de poussières siliceuses;

2° Empêcher la diffusion des poussièères là où le travail entraîne nécessairement la formation de poussières, et en particulier, isoler les endroits où ont lieu les opérations poussiéreuses;

3° Diminuer la concentration des poussières dans l'atmosphère;

4° Faciliter le travail par la mécanisation de l'outillage;

5° Recourir à la protection individuelle des ouvriers travaillant au contact des poussières;

6° Assurer la surveillance médicale.

1° Eviter la production des poussières siliceuses.

Remplacer les matières siliceuses par des matières non siliceuses et substituer le travail à l'humide au travail à sec.

Par exemple, dans les fonderies, substituer le sablage à la grenaille métallique au sablage au jet de sable. Le sablage métallique réduit de moitié la quantité de poussières, ce qui constitue un avantage malgré la proportion augmentée de

poussières inférieures au micron (89 % contre 50 % Andréoni).

La grenaille, sensible à l'humidité, est plus coûteuse du fait qu'elle exige une pression plus élevée, mais sa manutention est plus aisée et présente, même en dehors de la question d'hygiène, un avantage appréciable. La grenaille peut également être employée dans le décapage avant peinture, dans l'écrouissage superficiel, dans le déclaminage après traitement thermique.

Les cabines de dessablage doivent être commandées de l'extérieur, les installations anciennes peuvent être améliorées par la transformation en cabines « à manches » et toutes équipées de cyclones ou tout au moins de filtres en flanelle qui doivent être vibrés en dehors des heures de travail.

Le dessablage hydraulique sous pression élevée qu'on emploie actuellement pour les grosses pièces peut être envisagé pour toutes les pièces.

Les sableurs à tambour et les tonneaux doivent être absolument étanches.

Ces machines peuvent du reste être remplacées actuellement par des appareils à turbines tournant à grande vitesse et dans lesquels l'air comprimé est remplacé par la grenaille métallique tombant en grêle.

Il paraît possible de remplacer le sable des fonderies par des silicates réfractaires qui auraient l'avantage non seulement de ne pas donner naissance à des poussières de silice libre, mais encore de ne pas adhérer aux pièces. D'après Policard, en effet, à la chaleur, les grains de quartz qui constituent le sable se transforment en tridymite

et cristobalite alors que les silicates seraient absolument réfractaires.

Les roches à olivine (orthosilicate de magnésie Mg2 SiO4 et orthosilicate ferreux Fe2 SiO4), en particulier la dunite, convenablement broyée, permettraient de fabriquer des moules de fonderie répondant à toutes les exigences. On voit l'énorme avantage qu'on pourrait retirer de l'utilisation de ces silicates en fonderie.

Dans certaines fonderies d'acier, le sable est remplacé par du ciment granuleux.

Il est également possible de supprimer la silice libre des produits réfractaires utilisés en métallurgie (hauts fourneaux, cowpers, fours à coke, fours Martin, fours à arc, cubilots, fours à induction...). Les briques réfractaires ordinaires à 96 % de silice peuvent être remplacées par des briques de magnésie, de forstérite, de dolomie, par des produits à base de cyanite et d'argile, suivant les réactions acides ou basiques.

Les meules de grès doivent être employées à l'humide et dans la mesure du possible remplacées par des meules au carborumdum reliées à un système d'aspiration.

2° **Eviter la diffusion de la poussière formée.**

Il y a lieu d'enfermer les machines qui produisent la poussière. Par exemple, dans une fabrique de poudre fine, la machine à broyer les galets peut être close de façon étanche, le chargement et le déchargement ayant lieu lorsque les broyeurs sont à l'arrêt. Cependant, dans certaines machines, le broyage est continu (fabrication

d'abrasifs à partir du silex), le chargement et le déchargement s'effectuent lorsque l'appareil est en marche et il y a lieu d'organiser des noria cloisonnées avec aspiration.

La diffusion des poussières est facilitée par les vibrations des machines, par les courants d'air créés par les roues à rayons, par les organes de transmission et on peut les éviter par la pose de carters pleins, suspension anti-vibratoire, etc...; les poussières peuvent être fixées par humidification des murs, du sol.

Les opérations poussiéreuses doivent être isolées. Un broyeur à réfractaire doit être dans une salle spéciale isolée des ateliers par des cloisons étanches. L'ébarbage doit être pratiqué à l'air libre ou sous préau ou, l'hiver, en atelier isolé, la plupart des pièces peuvent être arrosées au moment de l'ébarbage. L'air comprimé s'échappant des marteaux doit être dirigé latéralement et non sur la pièce à ébarber. Les poussières doivent être aspirées à l'émission, éloignées et filtrées.

L'aspiration doit être suffisante mais non intense, elle ne doit pas créer de courants d'air violents.

L'appel d'air doit se faire latéralement ou vers le bas à travers une grille (décochage, dénoyautage en fonderie...).

Les divers ventilateurs aspirateurs avec cyclone, turbocapteur, les filtres à coke humidifié, les filtres de types adhésif sont préférables aux filtres à tissus qui peuvent laisser passer les fines particules.

3° Dilution des poussières dans l'atmosphère.

Pour diminuer la concentration des poussières dans une atmosphère, il y a lieu d'ajouter une quantité d'air privé de poussières. Cet apport par ventilation générale, naturelle ou artificielle, ne doit porter aucune nuisance aux sujets qui travaillent et il ne doit être envisagé que lorsque les autres moyens ont échoué.

La filtration « in loco » diminue le nombre des poussières, n'oblige pas à un rapport de calories et évite les tuyauteries.

4° Mécanisation.

Les poussières sont d'autant mieux diffusées dans l'intimité des champs pulmonaires que les inspirations sont plus amples. Or les inspirations sont d'autant plus profondes que l'effort à fournir est plus grand. Il y a donc lieu de faciliter le travail par la mécanisation de l'outillage (marteaux en alliages légers, transports par monorails...). Dans les atmosphères poussiéreuses, le salaire à forfait ou aux pièces doit être remplacé par le salaire horaire.

5° Protection individuelle.

Le port de masque, au travail, est un pis aller.

Les masques isolants sont lourds, encombrants, de service limité.

Les cagoules à arrivée d'air frais constituent la solution actuelle dans les cabines de dessablage.

Le masque filtrant, individuel, léger, à larges surfaces d'inhalation, à faible résistance, facile à nettoyer, est à recommander.

Le masque à appui occipital à la façon du miroir laryngoscopique ou du masque d'escrime est préférable au modèle à attaches élastiques.

6° **La surveillance médicale** nécessite des examens cliniques et radiographiques périodiques ainsi qu'il a été dit plus haut.

Le Président de la thèse :

L. MOREL

Vu, le Doyen :

CALVET

Vu et permis d'imprimer :

Toulouse, le 22 Novembre 1948

Le Recteur,
Président du Conseil de l'Université :
P. DOTTIN.

Bibliographie

Aweng. — Enquête sur la silicose dans une mine du Bassin de Briey (Le Médecin d'usine, octobre, 1945).

Balgueries (E.) — Bases schématiques d'un Laboratoire central de recherches médicales minières (Revue médicale minière, Janvier-Mars 1948).

De Véricourt. — Poussières et silicose dans l'industrie Sidérurgique (Médecine d'usine, décembre 1945).

Duvoir. — La réparation et la prévention des pneumoconioses. Archives M.P.. T. 3, nos 1-2, 1942.

Duvoir et G. Pommeau Delille. — L'évolution de la silicose pure après cessation du travail dangereux (Archives M P, T. 6, 1944-45).

Feil. — Contribution à l'étude des pneumoconioses professionnelles. (Presse médicale, 12 juin 1930).
La silicose pulmonaire. (Presse médicale, 10 septembre 1930).
Pneumoconiose des travailleurs de l'amiante. Presse médicale, 19 décembre 1931.
L'Anthracose est-elle une maladie professionnelle. (Médecin d'usine, mars 1933).
La réparation de la silicose dans quelques pays. (Médecin d'usine, novembre-décembre, 1941).
Pathogénie des pneumoconioses silicotiques. (Médecin d'usine, Janvier-Février, 1942).
Recherches sur la fréquence des pneumoconioses chez les travailleurs des fonderies. (Médecin d'usine, octobre, 1945).

Pneumoconioses des mineurs du Fer. (Médecin d'usine, octobre, 1945).
La silicose et sa réparation. Paris, Jouve et Cie., Editeurs, 1946.

Foubert (P.). — Résultats de l'examen systématique des ouvriers de quelques fosses du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais. (Revue Médicale minière, janvier-Mars, 1948).

Fortat et Mad-Bouchard. — Valeur des renseignements fournis par les épreuves fonctionnelles pour le diagnostic de la silicose et l'attribution des réparations. (Médecin d'usine, janvier, 1948).

Fa Brech et E. Kahane. — Introduction à l'étude biochimique des pneumoconioses. (Archives MP, T. I, mars-avril, 1938).

Garin. — Sur les pneumoconioses et plus spécialement sur les silicoses pulmonaires. (Médecin d'usine, septembre-octobre, 1941).

Hanaut. — Rapport sur le fonctionnement du Pneumokoniosis Research Unit. (Revue Médicale Minière, mars, 1948).

Heim de Balzac et E. Rist. — Etat des voies respiratoires chez les vieux professionnels des fonderies. (Médecine d'usine, mars 1942).

Marchaud. — La prévention de la silicose dans les industries métallurgiques et mécaniques. (Comité Technique métallurgique, 9 mars 1948).

Martin et Roche. — Résultats d'une enquête effectuée sur les mineurs au rocher du Bassin de la Loire. (Archives des maladies professionnelles, T. 6, n° 3, 1944-45).
Prévention de la silicose. (Médecine d'usine, octobre 1945).

Mattei et Perret. — La prévention des pneumoconioses dans le Bassin minier de la Mure. (Archives M P, T. 7, n° 1, 1946.

Nagnin (J.). — Sur la Prophylasie de la silicose dans les mines. (Archives M P, T. 7, n° 6, 1946).

Nicaud. — La silicose et les pneumoconioses. (Médecin d'usine n° 3, mai 1938).

Policard. — Influence de la taille des poussières sur leur nocivité. (Médecin d'usine n° 5, septembre 1938).
Significations des données chimiques dans la pathologie des Pneumoconioses minérales. (Archives des maladies professionnelles, décembre 1938).
Sur quelques problèmes de la pathogénie des Pneumoconioses. (Médecin d'usine, n° 4, juillet 1939).
Les conceptions actuelles sur la silicose en Afrique Sud. (Médecin d'usine n° 3, juin 1940).

Policard et Rollet. — Etude expérimentale de l'action des diverses variétés de charbon sur le tissu conjonctif. (Archives des Maladies professionnelles), T. 3, 1941).
A propos des Pneumoconioses observées chez les travailleurs des mines de fer. (Médecin d'usine, décembre, 1945).

Policard et A. Hanaut. — La prévention et la thérapeutique de la silicose par l'aluminium et l'alumine. Archives des maladies professionnelles, T. 7, n° 6. 1946).
Sur certains mécanismes pathogéniques de la silicose chez les travailleurs de la métalurgie. (Médecin d'usine, mars-avril, 1946).
Action des diverses variétés de charbon sur le poumon. La question des pneumoconioses par anthracite. (Archives des maladies professionnelles, T. 7, n° 1, 1946).
Sur les pneumoconioses par terre à diatomées. (Médecin d'Usine, Mars, 1948).

Policard, Hanaut, Leroy. — La question des Pneumoconioses par lignite. (Archives M P, T. 6, n° 3, 1944-45).

Rist. — Le problème de la silicose. (Médecin d'usine, n° 4, juillet-août, 1940).

Roche. — Empoussiérage des chambrées du rocher dans les usines de charbon. (Médecin d'usine, juillet, 1945).

Savy. — Une installation moderne de dessablage en fonderie. (Médecin d'usine, mars-avril 1946).

Sauzeat Henry. — Création d'un centre d'études pour la lutte contre les poussières. (Centre d'études de St-Etienne).

Thyri (U.). — Pathologie des ouvriers de la cyanamide calcique. Industrie à poussières. (Archives M P. T. 4, nos 3 et 4, 1942).

Tulou (P.). — Intérêt de l'exploration respiratoire chez les silicotiques. (Archives M P, T. 6, n° 7, 1944-45).

Van Melchelen. — Les lacunes de nos connaissances en matière de silicose. (Institut d'Hygiène des Mines A S B, 4, Hasselt (Belgique).

Vossenaar A. H. — La lutte contre les poussières dans les houillères néerlandaises et la valeur attribuée au masque. (Archives M P, T. 2, mars-avril, 1939).

IMPRIMERIE TOULOUSAINE
(R. LION)
2, rue Romiguières — TOULOUSE

Dép. lég. 4e tr. 48 Aa 85.